

Magnetpol für Magnetschwebfahrzeuge

Die Erfindung betrifft einen Magnetpol gemäß der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Magnetpole dieser Art werden bei Magnetschwebfahrzeugen in vielfältiger Form eingesetzt, z. B. als Teile von Trag-, Führ- oder Bremsmagneten. Bisher werden diese Magnetpole aus einem auf Massepotential liegenden Eisenkern und einer auf diesen aufgetragenen Wicklung hergestellt, die aus abwechselnd aufeinander folgenden Lagen eines Leiters und eines Isolators gebildet ist (PCT WO 97/30 504). Die Leiter und Isolatoren bestehen dabei aus band- bzw. streifenförmigen Materialien, z. B. Aluminiumbändern und dünnen Isolierfolien. Zwischen der ersten, an den Kern grenzenden Lage des Leiterbandes und dem Kern ist außerdem in der Regel eine um den Mantel des Kern gelegte Isolationsschicht vorgesehen.

Aufgrund der im wesentlichen rechteckigen Form des Leiterbandes führen dessen an den Kern grenzende Längsränder zu einer scharfkantigen Wicklungsgeometrie, die bei Benutzung des Magnetpols eine Verdichtung der elektrischen Feldstärke und Spitzenentladungen an diesen Stellen zur Folge haben. Da in diesen Bereichen außerdem hohe, bis in den Kilovoltbereich führende Spannungen auftreten, können Isolationsschäden, die den Magnetpol unbrauchbar machen, nicht sicher vermieden werden. Das

- 2 -

gilt insbesondere dann, wenn in Trag- oder Führungsmagnetsystemen eine Mehrzahl von Magnetpolen in Reihe geschaltet ist und parasitäre Kapazitäten zusammen mit den Induktivitäten der Magnetpole zu unerwünschten Resonanzschwingungen führen.

- 5 Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, beim Magnetpol der eingangs bezeichneten Gattung Isolationsstörungen durch an Spitzen od. dgl. auftretende Feldstärkenverdichtungen zu reduzieren bzw. ganz zu vermeiden.

Zur Lösung dieser Aufgabe dienen die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1.

10

Die Erfindung bringt den Vorteil mit sich, daß durch das Zuschneiden des Leiterbandes eine vorgewählte Wicklungsgeometrie in dem an den Kern grenzenden Bereich erzwungen wird, aufgrund derer die scharfkantigen seitlichen Ränder der dem Kern nahen Lagen des Leitungsbandes jeweils von der nächsten, weiter vom Kern be-

15 abstandeten Lage überdeckt und in ihrer Wirkung daher weitgehend unschädlich gemacht werden.

Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

- 20 Die Erfindung wird nachfolgend in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in perspektivischer Darstellung die Bewicklung eines üblichen, einen Kern und eine einscheibige Wicklung aufweisenden Magnetpols;

25

Fig. 2 schematisch die Wicklungsgeometrie einer Hälfte des Magnetpols nach Fig. 1 in einem an den Kern grenzenden Bereich als Teilschnitt längs der Linie II - II der Fig. 1;

- 30 Fig. 3 einen der Fig. 2 entsprechenden, jedoch vergrößerten Teilschnitt durch einen Magnetpol mit einer erfindungsgemäßen Wicklungsgeometrie;

- 3 -

Fig. 4 in einem Teilschnitt entsprechend Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Magnetpols; und

Fig. 5 in einem Fig. 3 und 4 entsprechenden Teilschnitt ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Magnetpols.

Ein Magnetpol der hier interessierenden Art enthält nach Fig. 1 einen aus einem Blechpaket bestehenden, vorzugsweise quaderförmigen Eisenkern 1 mit abgerundeten Ecken und eine auf diesen aufgebrachte Wicklung 2. Die Herstellung des Kerns 1
10 kann auf viele verschiedene Arten erfolgen und ist für die vorliegende Erfindung unbedeutend. Außerdem kann der Kern 1 mit einem umlaufenden, an seiner Mantelfläche anliegenden Isolationsschicht 3 versehen sein, die aus einem z. B. aus Kunststoff hergestellten Isoliermaterial besteht und auch als Wicklungsträger ausgebildet sein kann, der Montageflansche 4 aufweist, zwischen denen die Wicklung 2 zu liegen
15 kommt. Die Isolationsschicht 3 dient sowohl zur Montage der Wicklung 2 als auch zur elektrischen Isolierung der Wicklung 2 gegen den Kern 1 in radialer Richtung, bezogen auf eine Mittel- und Wickelachse 5 des Kerns 1.

Die Wicklung 2 wird z. B. durch abwechselnd aufeinander folgende Lagen aus einem
20 Leitungsband 6 (z. B. Aluminium) und zwischen diesen angeordneten, weiteren Isolationsschichten 7 in Form einer Isolierfolie od. dgl. gebildet, die die Lagen in radialer Richtung elektrisch gegeneinander isolieren. Bei der Herstellung des Magnetpols 1 werden die Leitungsbänder 6 und die Isolationsschichten 7 z. B. in bekannter Weise von Vorratsspulen 8, 9 abgewickelt und coaxial um die Mittelachse 5 auf den Kern 1
25 gewickelt. Die dadurch erhaltene Wicklung 2 besteht daher aus einer zur Mittelachse 5 coaxialen Scheibe, die in radialer Richtung eine Vielzahl von Lagen aufweist.

Der Magnetpol weist nach Fig. 2, die in einem Teilschnitt einen rechts von der Mittelachse 5 liegenden Wicklungsabschnitt 2a zeigt, eine Vielzahl von Lagen 10 auf,
30 die z. B. einzeln mit den Bezugszeichen 10a bis 10k bezeichnet sind. Dabei liegt die Lage 10a unmittelbar am Kern 1 bzw. der Isolationsschicht 3 an. Zwischen den

- 4 -

einzelnen Lagen 10 sind jeweils durch Linien angedeutete Isolationsschichten 11 vorhanden, die die Lagen 10 in radialer Richtung elektrisch gegeneinander isolieren.

Die innerste Lage 10a und die äußerste Lage 10k sind mit nicht dargestellten,
5 elektrischen Anschlüssen versehen, die dem Anlegen einer Klemmenspannung dienen.

Der Magnetpol besitzt eine Höhe, die parallel zur Mittelachse 5 und zwischen zwei Längsrändern 14 und 15 des die Lagen bildenden Leitungsbandes gemessen wird und somit der Breite des Leitungsbandes entspricht. Ein mittlerer, in Fig. 2 mit dem
10 Buchstaben A bezeichneter Abschnitt des Leitungsbandes ist im Hinblick auf Spitzenfeldstärken vergleichsweise unkritisch. Dagegen zeichnen sich mit dem Buchstaben B und C versehene Abschnitte, die sich beidseitig je eines der Längsränder 14, 15 des Leitungsbandes erstrecken, durch Kanten und Spitzen aus, die unkontrollierbare, hohe Verdichtungen der elektrischen Feldstärke verursachen können. Ein Grund hierfür sind
15 einerseits scharfe, an die Längsränder 14, 15 grenzende Schnittkanten des Leitungsbandes, andererseits Höhentoleranzen und Ungenauigkeiten beim Bewickeln des Kerns 1. Alles dies kann dazu führen, daß im Bereich der Längsränder 14, 15 mäander- und sägezahnförmige Konturen mit sehr kleinen Radien vorhanden sind, die in den dem Kern 1 nahen Bereichen zu den beschriebenen Störungen führen.

20

Erfindungsgemäß ist der Magnetpol daher z. B. gemäß Fig. 3 ausgebildet. Er unterscheidet sich vom Magnetpol nach Fig. 1 und 2 wesentlich dadurch, daß seine Wicklung 16 aus einem Leitungsband 17 hergestellt ist, das in dem an den Kern 1 grenzenden Bereich keilförmig und so zugeschnitten ist, daß seine parallel zur
25 Mittelachse 5 gemessene Breite vom Kern 1 an nach außen hin allmählich von einem mittleren Wert b1 bis zu einem im wesentlichen der Kernhöhe entsprechenden Höchstwert b2 zunimmt. Dabei ist in Fig. 3 neben dem entsprechend Fig. 2 dargestellten Schnittbild eine Draufsicht auf einen den Zuschnitt aufweisenden Teil des Leitungsbandes 17 dargestellt. Der genannte Höchstwert b2 wird vorzugsweise nicht
30 erst am freien, radial außen liegenden Ende des Leitungsbandes 17, sondern, in Richtung einer senkrecht zur Mittelachse 5 verlaufenden Längsachse 18 des Leiterban-

- 5 -

des 17 betrachtet, bereits nach einer Länge erreicht, die einer Anzahl von Lagen 10a, 10b usw. entspricht, die kleiner, vorzugsweise wesentlich kleiner als die Zahl der insgesamt vorhandenen Lagen 10 ist. Beim Vorhandensein von z. B. 100 bis 300 Lagen 10 kann der Höchstwert b2 beispielsweise bereits nach maximal etwa zehn

5 Lagen 10 erreicht sein. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 ist der Höchstwert b2 bereits nach ca. sechs Lagen, d. h. bei der Lage 10f erreicht. Ab dieser Stelle entspricht die Breite des Leitungsbandes 17 dann konstant dem Wert b2.

- Die zunehmende Breite des Leitungsbandes 17 wird durch einen in Fig. 3 längs
- 10 Geraden 19, 20 verlaufenden Zuschnitt seiner Längsränder 17a, 17b in einem dem Kern 1 nahen Abschnitt erreicht. Alternativ kann das Zuschneiden der Längsränder 17a, 17b aber auch, wie Fig. 4 zeigt, längs stetig verlaufender Kurven 21, 22 erfolgen, denen jeder zweckmäßige Verlauf gegeben werden kann.
- 15 Das beschriebene Zuschneiden der Seitenränder 17a, 17b unter Bildung dreieckförmiger, in Fig. 3 gestrichelt dargestellter Abfallstücke 23 bzw. entsprechender Ausparungen führt dazu, daß die Lagen 10a, 10b 10k eine allmählich zunehmende Höhe erhalten. Dabei wird die Steigung der Geraden 19, 20 bzw. Kurven 21, 22 mit besonderem Vorteil so gewählt, daß dem Kern 1 bei den ersten Lagen jeweils nur eine
- 20 Ecke bzw. scharfe Kante (z. B. 24, 25 in Fig. 3) zugeordnet ist, die bereits von der nachfolgenden Lage flächig abgedeckt wird. So wird z. B. die Kante 24 der Lage 10a von der Lage 10b und die Kante 25 der Lage 10b von der Lage 10c abgedeckt usw., wodurch die schädlichen Spitzenentladungen weitgehend reduziert werden. Dies gilt insbesondere bei Berücksichtigung des Umstandes, daß die Leitungsbänder 17
- 25 vergleichsweise dünn sind (z. B. 0,2 mm) und daher die hier auftretenden Feldstärkenverdichtungen bei Kombinationen Platte/Spitze wenigstens etwa dreimal so groß wie bei einer Kombination Platte/Platte sind. Außerdem kann durch die beschriebene Ausbildung der Zuschnitte sichergestellt werden, daß die kleinste Breite b1 des Leitungsbandes 17 unter Berücksichtigung der oben beschriebenen, der Abdeckung
- 30 dienenden Geometrie nur um so viel kleiner als die maximale Breite b2 ist, daß die damit verbundene Vergrößerung des ohmschen Widerstandes keine wesentlichen

- 6 -

Nachteile im Hinblick auf die Abfuhr der Verlustwärme über den Kern 1 in radialer Richtung zur Folge hat.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile sind insbesondere aus Fig. 4 ersichtlich, in
5 die analog zu Fig. 2 Zonen D bis H eingezeichnet sind. Dabei ist die Zone D unkritisch entsprechend der Zone A in Fig. 2. E und F bezeichnen zwei Zonen, die analog zu den Zonen B und C in Fig. 2 sind, aber hier einen Bereich mit reduzierter Feldstärkebelastung bezeichnen. Die Zonen G und H sind ebenfalls weitgehend unkritisch, da die Feldstärkebelastung in ihnen stufenweise abnimmt.

10

Weitere Vorteile der Erfindung bestehen darin, daß durch die Vermeidung von Isolationsdurchbrüchen eine höhere Betriebssicherheit, eine Reduzierung von Alterungseffekten und eine Vergrößerung der Nennwerte für Corona- und Teilentladungen erhalten werden. Dabei ist klar, daß die Geometrie der aus Fig. 3 und 4 ersichtlichen
15 Abstufungen im Bereich der ersten Lagen 10a bis 10e im Prinzip beliebig gewählt und weitgehend den magnetischen Bedürfnissen angepaßt werden kann. Weiter ist es möglich, zwischen der Isolationsschicht 3 des Kerns 1 und der ersten Lage 10a gemäß Fig. 5 noch eine über die Höhe des Kerns 1 durchgehende, teilleitfähige Folie 26 vorzusehen, die z. B. aus einem mit Ruß versetzten, organischen Isolierstoff besteht
20 und dazu geeignet ist, kapazitive Ströme abzuleiten, Betriebsströme dagegen nicht durchzulassen. Die Folie 26 kann nach dem Bewickeln des Kerns 1 entsprechend Fig. 5 gegen die Kanten und Ecken 24, 25 usw. gelegt werden, um dadurch eine Abrundung und Vergleichmäßigung der abgestuften Bereiche in der Nähe des Kerns 1 zu erhalten und die Gefahr von Spitzenentladungen weiter zu reduzieren.

25

Ein besonders wesentlicher Vorteil der Erfindung besteht schließlich darin, daß die um
den Kern 1 gewickelte Isolationsschicht 3 nicht, was auch möglich wäre, zur Vermeidung von Isolierungsfehlern dicker als üblich ausgebildet werden muß. Dies würde zwar Isolationsdurchbrüche ebenfalls vermeiden, aber auch die Abführung der in der
30 Wicklung 17 erzeugten Verlustwärme über den Kern 1 erschweren.

- 7 -

Die Ränder 17a, 17b des Leitungsbandes 17 können erfindungsgemäß gleich oder unterschiedlich zugeschnitten bzw. besäumt werden. Mit besonderem Vorteil erfolgt das Zuschneiden der Längsränder 17a, 17b spiegelsymmetrisch zur Längsachse 18 des Leitungsbandes 17.

5

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, die auf vielfache Weise abgewandelt werden können. Dies gilt insbesondere für die im Einzelfall gewählte und ggf. durch Optimierungsrechnungen erhaltene Form der Linien 19, 20 bzw. 21, 22 bzw. der gebildeten Abfallstücke 23. Weiter ist es möglich, 10 den Magnetpol aus zwei oder mehr, in Richtung der Mittelachse 5 übereinander liegenden und durch weitere Isolationsschichten getrennten Scheiben auszubilden, in welchem Fall jede Scheibe entsprechend Fig. 3 bis 5 ausgebildet, d. h. aus in Kernnähe entsprechend zugeschnittenen Leitungsbändern bestehen würde. Schließlich versteht sich, daß die verschiedenen Merkmale auch in anderen als den beschriebenen und 15 dargestellten Kombinationen angewendet werden können.

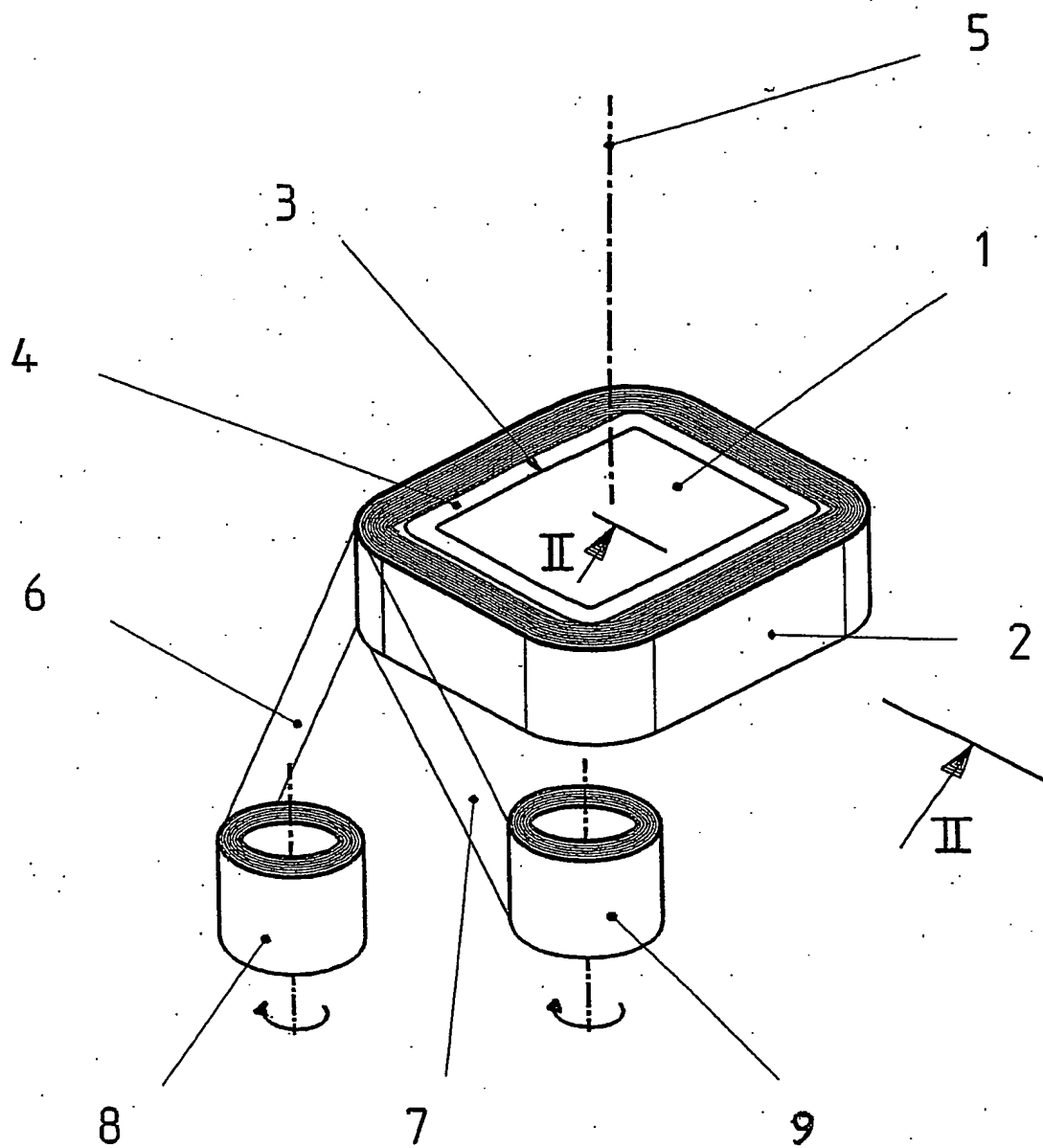
Ansprüche

1. Magnetpol für Magnetschwebfahrzeuge mit einem eine Mittelachse (5) aufweisen-
den Kern (1) und einer auf diesen aufgetragenen Wicklung (16) in Form einer
Scheibe, die aus einem in mehreren Lagen (10) um den Kern (1) gewickelten Lei-
tungsband (17) gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Leitungsband (17) an
5 seinen in Richtung der Mittelachse (5) beabstandeten Längsrändern (17a, 17b) derart
zugeschnitten ist, daß seine Breite vom Kern (1) aus nach außen hin stetig bis zu
einem Höchstwert (b2) zunimmt.
2. Magnetpol nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Höchstwert (b2) der
10 Breite, in Längsrichtung des Leitungsbandes (17) betrachtet, nach einer Länge erreicht
ist, die eine Anzahl von Lagen (10) entspricht, die kleiner als die Zahl der insgesamt
vorhandenen Lagen (10a 10k) ist.
3. Magnetpol nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Höchstwert (b2) der
15 Breite nach einer etwa zehn Lagen (10) entsprechenden Länge des Leitungsbandes (17)
erreicht ist.
4. Magnetpol nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die
Längsränder (17a, 17b) des Leitungsbandes (17) spiegelsymmetrisch zu einer senk-
20 recht zur Mittelachse (5) erstreckten Längsachse (18) des Leitungsbandes (17)
zugeschnitten sind.
5. Magnetpol nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die
Längsränder (17a, 17b) längs Geraden (18, 19) zugeschnitten sind.
- 25 6. Magnetpol nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die
Längsränder (17a, 17b) längs stetiger Kurven (20, 21) zugeschnitten sind.

- 9 -

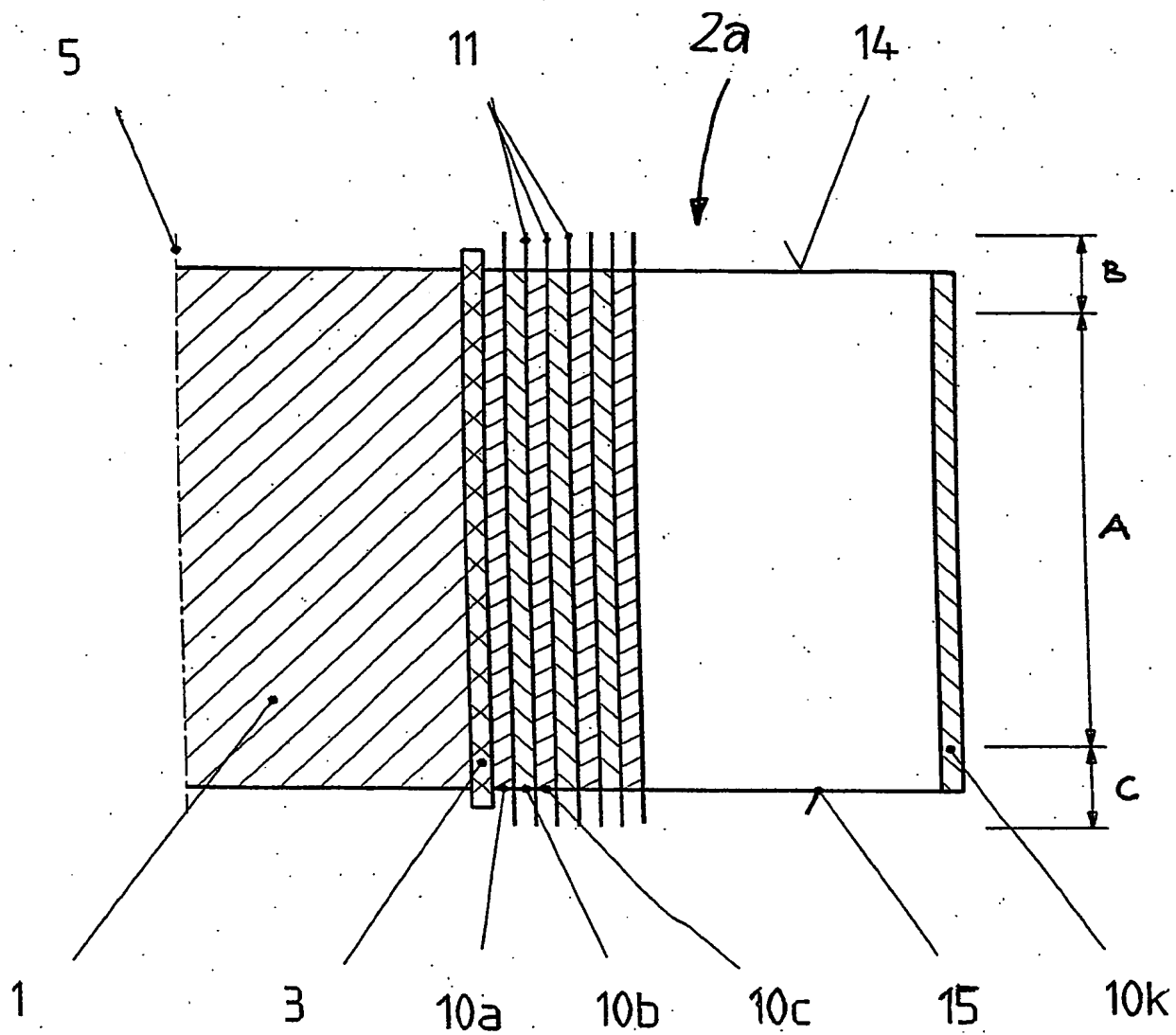
7. Magnetpol nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kern (1) an seiner Mantelfläche mit einer Isolationsschicht (3) umwickelt und zwischen der Isolationsschicht (3) und der an diese grenzenden Lage (10a) der Scheibe eine teilleitfähige Folie (26) angeordnet ist, die an zwischen den einzelnen Lagen (10) durch das Zuschneiden des Leitungsbandes (17) gebildeten Stufen (24, 25) anliegt.

8. Magnetpol nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß er wenigstens zwei Scheiben mit aus je einem Leitungsband (17) gebildeten Lagen (10) aufweist und die Leitungsbänder (17) aller Scheiben nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 zugeschnitten sind.

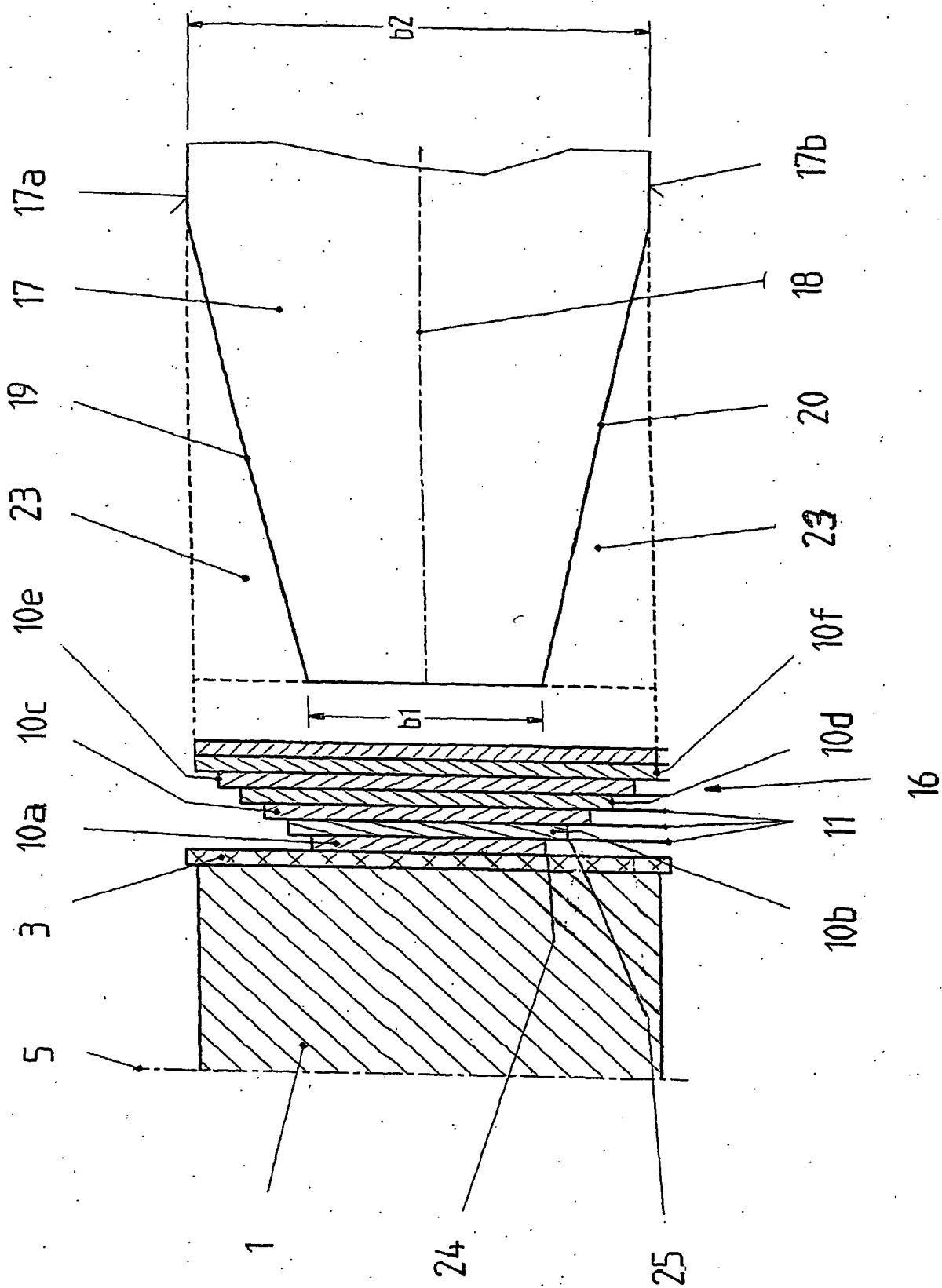


Figur 1

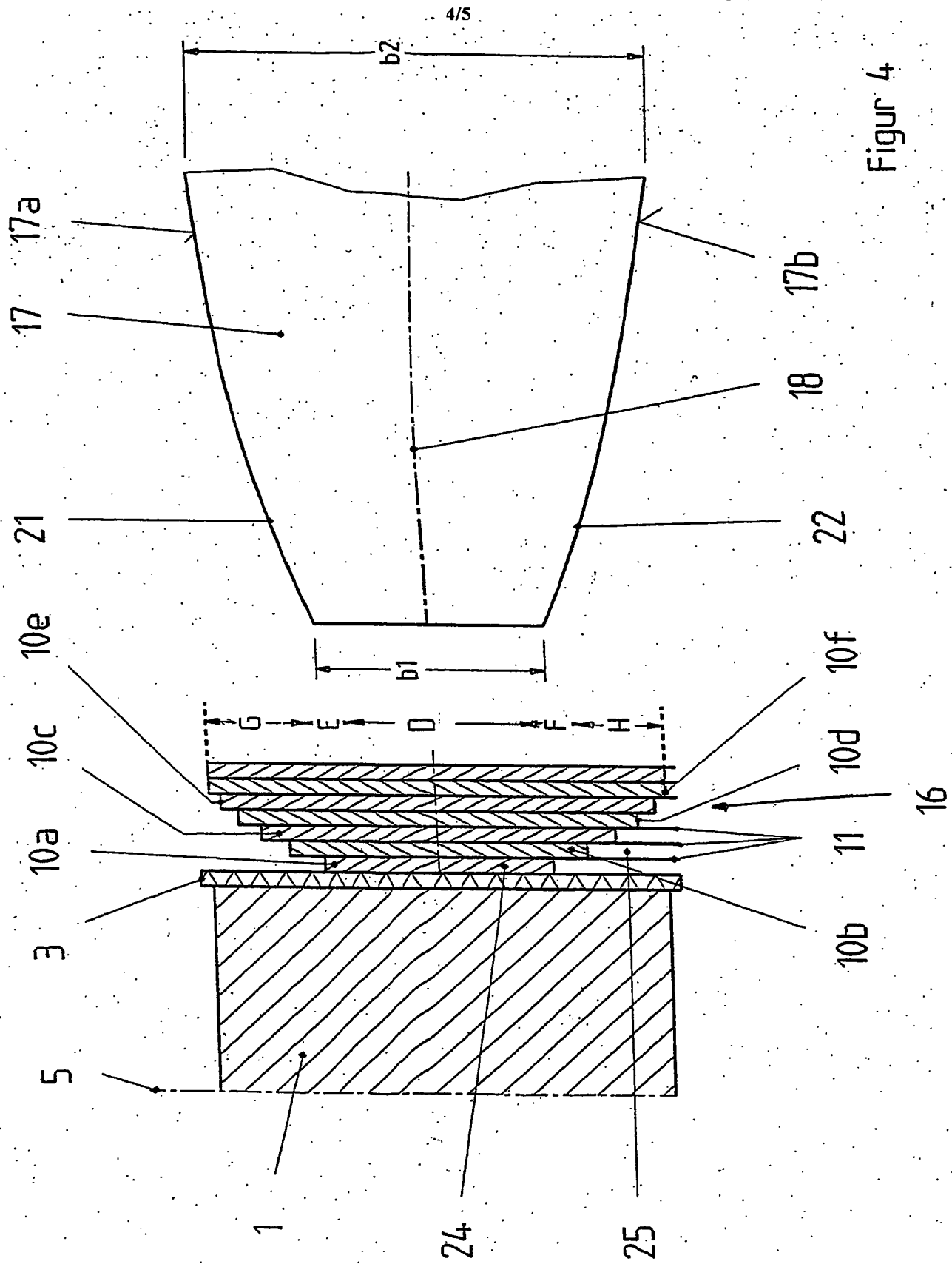
2/5



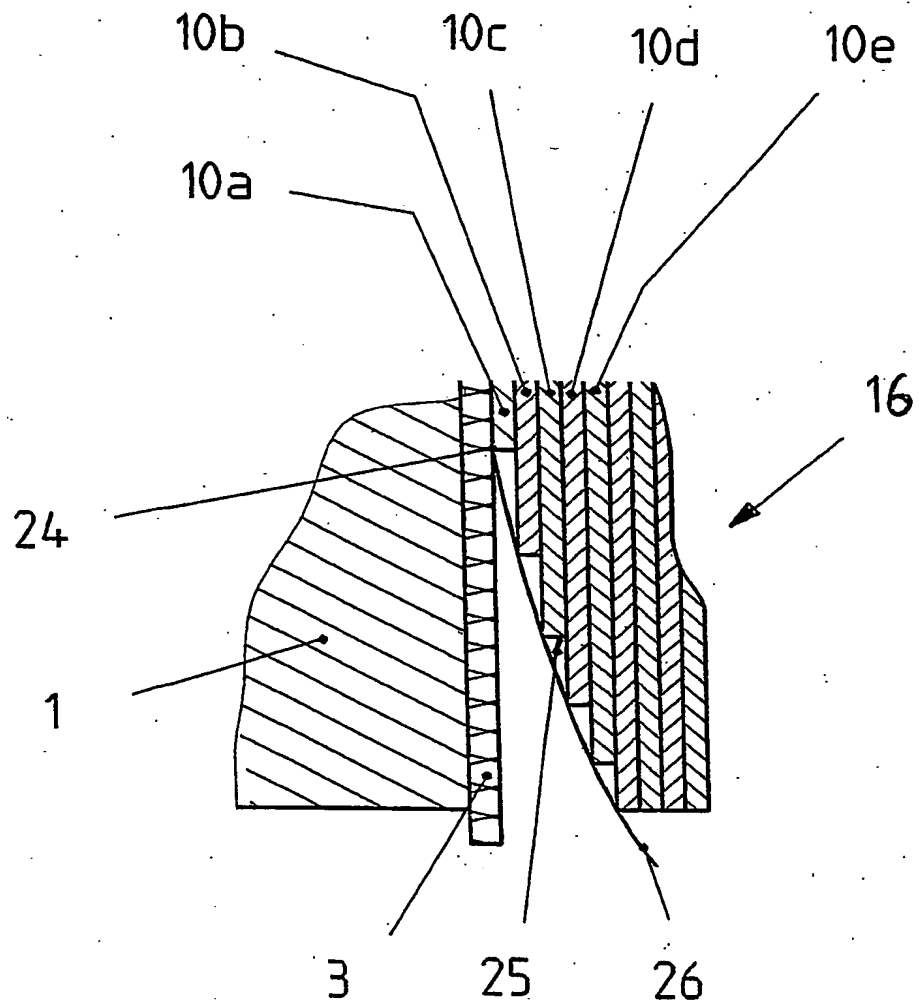
Figur 2



Figur 3



Figur 4



Figur 5